

ADAPTIVE BIT ALLOCATION FOR VARIABLE BANDWIDTH MULTICARRIER COMMUNICATION

Publication number: JP2002504283 (T)

Publication date: 2002-02-05

Classification:

- international: H04J1/00; H04J11/00; H04L27/26; H04L27/32; H04J1/00; H04J11/00; H04L27/26; H04L27/32; (IPC1-7): H04J1/00; H04J11/00; H04L27/32

- European: H04L5/00A2A1; H04L5/00C4A; H04L5/00C7A; H04L5/00C8E; H04L5/00E2

Application number: JP19990503053T 19980609

Priority number(s): US19970873421 19970612; WO1998US11845 19980609

Abstract not available for JP 2002504283 (T)

Abstract of corresponding document: WO 9857472 (A1)

Translate this text

Data is distributed among the channels of an asynchronous data subscriber loop (ADSL) communications system in accordance with an adaptive algorithm which from time to time measures the signal to noise ratio of the various channels and finds a margin for each channel dependent on achievement (where possible) of a given bit error rate and a desired data transmission rate. The margin distribution is achieved by augmenting the constellation signal to noise ratio to enhance computational efficiency and allow redetermination of bit allocation tables during transmission as necessary. Pairs of bit allocation tables are maintained at the transmitter and receiver and one table of each pair at the transmitter and receiver is updated while the other pair is in use for controlling communication.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-504283

(P2002-504283A)

(43) 公表日 平成14年2月5日 (2002.2.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 J 1/00		H 0 4 J 1/00	
	11/00		Z
H 0 4 L 27/32		H 0 4 L 27/00	D

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願平11-503053
(86) (22) 出願日 平成10年6月9日 (1998.6.9)
(85) 翻訳文提出日 平成11年12月13日 (1999.12.13)
(86) 国際出願番号 PCT/US 98/11845
(87) 国際公開番号 WO 98/57472
(87) 国際公開日 平成10年12月17日 (1998.12.17)
(31) 優先権主張番号 08/873, 421
(32) 優先日 平成9年6月12日 (1997.6.12)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 アウェア、インコーポレイテッド
アメリカ合衆国マサチューセッツ州01730,
ベッドフォード、ミドルセックス・ターン
バイク・40
(72) 発明者 タネス、マルコス
アメリカ合衆国マサチューセッツ州02173,
レキシントン、ローウェル・ストリート・
665、ユニット・ナンバー53
(72) 発明者 ケチリオティス、ジョージ
アメリカ合衆国マサチューセッツ州02174,
アーリントン、ハミルトン・ロード・ナン
バー2・34
(74) 代理人 弁理士 古谷 馨 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変帯域多重キャリア通信用の適応ビット割り当て

(57) 【要約】

種々のチャンネルの信号対ノイズ比を時々測定し、所定のビット誤り率及び所望のデータ伝送レートの (可能な) 実現性に依存して各チャンネルに関するマージンを求める適応アルゴリズムに従って、非同期データ加入者グループ (ADSL) 通信システムのチャンネル間にデータを分配する。マージンの分配は、群信号対ノイズ比を拡張して、計算効率を改善し、伝送中に必要に応じてビットアロケーションテーブルを再決定できるようにすることによって実現される。ビットアロケーションテーブルの組は送信機と受信機で保持され、送信機と受信機における各組の1つのテーブルは、他の組が通信を制御するために使用されている間に更新される。

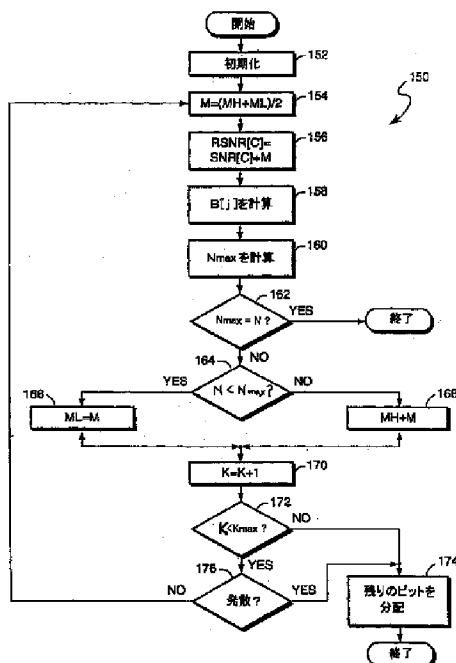


FIG. 6

【特許請求の範囲】

1. 各チャンネルの信号対ノイズ比に依存して、送信機から受信機に種々のレートでデータを送信するために複数のチャンネルを有する多重キャリア変調システムが、
 - A. 前記チャンネルのそれぞれのチャンネルに、対応するチャンネルに関する最初の信号対ノイズ比に従って、データを割り当てるための手段と、
 - B. 前記チャンネルの試行ノイズマージンを繰り返し計算するための手段と、
 - C. 前記チャンネルの前記試行ノイズマージンと前記信号対ノイズ比を繰り返し組み合わせて、前記データを前記チャンネルに再割り当てする際に使用するために、該チャンネルに関する修正した信号対ノイズ比を生成するための手段を備えること。
2. 前記マージンを前記チャンネルに関連する群信号対ノイズ比に加えて、前記修正した信号対ノイズ比を生成することからなる、請求項1の多重キャリア変調システム。
3. 前記マージンを前記信号対ノイズ比に、前記チャンネルに均等に加えることからなる、請求項2の多重キャリア変調システム。
4. 上限及び下限のマージン閾値MH及びMLをそれぞれ規定するための手段を備え、前記試行ノイズマージンが、前記閾値の組み合わせとして定義されることからなる、請求項3の多重キャリア変調システム。
5. 前記組み合わせが、前記上限の閾値と下限の閾値の平均として生成されることからなる、請求項4の多重キャリア変調システム。
6. 前記閾値の少なくとも1つの閾値が、以前に規定された前記チャンネルに関連する信号対ノイズ比に従って前記チャンネル上を伝送可能なデータ量と、前記チャンネル上を伝送すべき所望のデータ量との差の関数として決定される、請求項5の多重キャリア変調システム。
7. 前記閾値の少なくとも1つが0に設定される、請求項6の多重キャリア変調システム。
8. 以前に規定された前記チャンネルに関連する信号対ノイズ比に従って前記チ

チャンネル上を伝送可能なデータ量が、前記チャンネル上を伝送すべき所望のデータ量と等しいときに、データ割り当てを終了させるための手段を備える、請求項6の多重キャリア変調システム。

9. 前記差が発散するときに、データ割り当てを終了させるための手段を備える、請求項6の多重キャリア変調システム。

10. 前記チャンネルについてのマージンの計算を所定数繰り返した後に、データ割り当てを終了させるための手段を備える、請求項6の多重キャリア変調システム。

11. 試行ノイズマージンを計算するための前記手段が、
A. 前記それぞれのチャンネルに関する前記最初の信号対ノイズ比に従って前記チャンネルに割り当てることが可能なデータ量と、伝送すべき所望のデータ量との差の関数である試行マージンを規定するための手段と、
B. 前記チャンネルの信号対ノイズ比が、前記試行マージンによって拡張されるときの前記チャンネル上を伝送することが可能なデータ量と、以前に決定した前記信号対ノイズ比に従って前記チャンネル上を伝送することが可能なデータ量との間の関係に従って、前記試行マージンを繰り返し調整するための手段を備える、請求項1の多重キャリア変調システム。

12. 前記チャンネル上を、前記送信機から前記受信機に基準フレームを周期的に送信するための手段と、送信された前記基準フレームから、前記チャンネルの信号対ノイズ比を測定するための手段を備え、前記チャンネルの試行ノイズマージンを繰り返し計算するための前記手段が、最も最近送信されたフレームとその次のフレームとの間の間隔において前記マージンを計算するために、前記最も最近送信されたフレームにおいて最初の信号対ノイズ比として決定された信号対ノイズ比を使用することからなる、請求項1の多重キャリア変調システム。

13. チャンネルのデータ割り当てを、該チャンネルに関連する信号対ノイズ比に従って記憶するために、前記送信機と前記受信機の両方に第1及び第2のメモリレジスタの組を備え、さらに、前記送信機から前記受信機に、前記送信

機から引き続きデータを受信するために前記レジスタの組のどれを使用すべきか

を示すフラグを送信するための手段を備える、請求項12の多重キャリア変調システム。

14. 各チャンネルの信号対ノイズ比に依存して、送信機から受信機に種々のレートでデータを送信するために複数のチャンネルを有する多重キャリア変調システムが、

A. 前記チャンネルのそれぞれのチャンネルに、対応するチャンネルに関して測定された最初の信号対ノイズ比に従って、データを割り当てるための手段と、

B. 前記最初の信号対ノイズ比、及び、前記信号対ノイズ比を有する前記チャンネル上を伝送可能なデータ量と伝送すべき所望のデータ量との差の関数として前記チャンネルの試行ノイズマージンを計算するための手段と、

C. 前記試行ノイズマージンによって前記チャンネルに関連する最初の信号対ノイズ比を拡張し、それによって、前記チャンネル上を伝送可能なデータ量の修正評価値を規定する際に使用するための拡張された信号対ノイズ比を規定するための手段と、

D. 前記拡張された信号対ノイズ比及び、前記拡張された信号対ノイズ比を有する前記チャンネル上を伝送可能なデータ量と、終了条件が満たされるまで伝送すべき所望のデータ量との差の関数として、連続する試行ノイズマージンを繰り返し規定するための手段

を備えること。

15. 前記終了条件が、拡張された信号対ノイズ比の特定の組を有する前記チャンネル上を伝送可能なデータ量と、伝送すべき所望のデータ量とが等しいことを含む、請求項14の多重キャリア変調システム。

16. 前記終了条件が、前記拡張された信号対ノイズ比を有する前記チャンネル上を伝送可能なデータ量と、連続した計算に基づいて決定された伝送すべき所望のデータ量との差が増加することを含む、請求項14の多重キャリア変調システム。

17. 前記終了条件が、連続する試行ノイズマージンの規定された数を測定することを含む、請求項14の多重キャリア変調システム。

18. 前記チャンネル上を、前記送信機から前記受信機に基準フレームを周期的に送信するための手段と、送信された前記基準フレームから、前記チャンネルの信号対ノイズ比を測定するための手段を備え、前記チャンネルの試行ノイズマージンを計算するための前記手段が、最も最近送信されたフレームとその次のフレームとの間の間隔において前記マージンを計算するために、前記最も最近送信されたフレームにおいて最初の信号対ノイズ比として決定された信号対ノイズ比を使用することからなる、請求項14の多重キャリア変調システム。

19. チャンネルのデータ割り当てを、該チャンネルに関連する信号対ノイズ比に従って記憶するために、前記送信機と前記受信機の両方に第1及び第2のメモリレジスタの組を備え、さらに、前記送信機から前記受信機に、前記レジスタの組のどれを、前記送信機から引き続きデータを受信するために使用すべきかを示すフラグを送信するための手段を備える、請求項18の多重キャリア変調システム。

20. 送信機から受信機に種々のレートでデータを送信するために、複数のチャンネルを有する多重キャリア変調システムにおいて、各チャンネルにデータを割り当てる方法であって、

A. 前記チャンネルのそれぞれのチャンネルに、対応するチャンネルに関して測定された信号対ノイズ比に従って、データを割り当てるステップと、
B. 前記チャンネルの試行ノイズマージンを繰り返し計算するステップと、
C. 前記試行ノイズマージンを前記チャンネルの前記信号対ノイズ比と繰り返し組み合わせ、前記チャンネルに前記データを再割り当てする際に使用するために前記チャンネルについての修正された信号対ノイズ比を生成するステップとからなる方法。

21. 前記チャンネルの前記試行ノイズマージンと前記信号対ノイズ比とを組み合わせる前記ステップが、計算された試行ノイズマージンを前記チャンネルの群信号対ノイズ比に加え、これによって、前記チャンネルを伝送可能なデータ量が決定されるところの拡張された信号対ノイズ比を生成することを含む、請求項20の方法。

22. 前記チャンネルの試行ノイズマージンを繰り返し計算する前記ステップが、

A. 各チャンネルに関する前記最初の信号対ノイズ比に従って前記チャンネルに割り当て可能なデータ量と、伝送すべき所望のデータ量との差の関数である試行マージンを繰り返し規定するステップと、

B. 前記チャンネルの信号対ノイズ比が、前記試行マージンによって拡張されるときの前記チャンネルを伝送可能なデータ量と、以前に決定した前記信号対ノイズ比に従って前記チャンネル上を伝送可能なデータ量との間の関係に従って、前記試行マージンを繰り返し調整するステップ

を含む、請求項20の方法。

23. A. 前記チャンネル上を、前記送信機から前記受信機に基準フレームを周期的に送信するステップと、

B. 送信された前記基準フレームから前記チャンネルの信号対ノイズ比を測定し、最も最近送信されたフレームとその次のフレームとの間の間隔において前記マージンを計算するために、最も最近送信されたフレームにおいて信号対ノイズ比として決定された信号対ノイズ比を使用するステップ

をさらに含む、請求項22の方法。

24. チャンネルのデータ割り当てを、該チャンネルに関連する信号対ノイズ比に従って記憶するために、前記送信機と前記受信機の両方に第1及び第2のメモリレジスタの組を提供し、前記送信機から前記受信機に、前記レジスタの組のどれを、前記送信機から引き続きデータを受信するために使用すべきかを示すフラグを送信するステップを含む、請求項23の方法。

【発明の詳細な説明】

発明の名称

可変帯域多重キャリア通信用の適応ビット割り当て

技術分野

本出願は、電気通信の分野に関連し、特に、多重帯域デジタル信号通信の分野に関連する。

発明の背景

従来の多重キャリアデジタル通信は、異なる周波数を有する複数のキャリア（サブチャンネル）を使用して、デジタル信号を送受信する技術である。各サブチャンネルは、別々の信号部分を伝達するために使用される。送信機は、信号を複数の成分に分割し、それぞれの成分をキャリアの特定の1つに割り当て、それに割り当てられた成分に従ってそれぞれのキャリアを符号化し、それぞれのキャリアを送信する。受信機は、受信した各キャリアを復号して信号を復元する。

特定のサブキャリア上に符号化することができる最大の情報量は、そのサブキャリアに関連する通信チャンネルの信号対ノイズ比の関数である。通信チャンネルの信号対ノイズ比は、周波数に応じて変化することができ、これによって、あるキャリア上に符号化することができる最大の情報量を、別のキャリア上に符号化することができる最大の情報量と異なるものとすることができるようになっていく。

ビットローディングは、各サブチャンネルの信号対ノイズ比に応じて、サブチャンネルにビットを割り当てるための技法である。ビットローディングのアルゴリズムは、各キャリア上に符号化されることになる（ビットにおける）情報量を示すビットアロケーションテーブルを提供する。すなわち、 J 個のキャリアを具備する多重キャリア通信システムでは、ビットアロケーションテーブル $B[j]$ ($j=1\sim J$) は、 J 個のキャリアの各々上に符号化されることになる情報

量を示す。

チャンネル特性に整合するように伝送系を構成することが知られている。例えば、「注水(water pouring)」として知られる技法が、1968年にGallager (「info

mation Theory and Reliable Communication」,389頁)によって、また、1965年にWozencraft (「Principles of Communication Engineering」,285-357頁)によって紹介された。注水には、チャンネルの周波数応答曲線(周波数の関数として信号対ノイズ比をプロットしたもの)に従って伝送信号のエネルギーを分配することが伴う。周波数応答曲線を反転し、利用可能な信号エネルギー(「水(water)」)をその反転曲線に「注入(pour)」して、より多くのエネルギーが、最大の信号対ノイズ比を有するチャンネルの部分に分配するようにする。伝送帯域が多数のサブチャンネルに分割される多重キャリアシステムでは、所定の「注水」エネルギー及び所望の誤り(エラー)率が与えられた場合に、サポートすることが可能なだけの数のビットを各サブキャリアに入れることによって、スループットを最大にすることができる。

多重キャリア信号のキャリア間にビットを割り当てるための他の技法が知られている。Hughes-Hartogsによる米国特許第4,731,816号には、ビットローディング方式が開示されている。この方式は、最大レートが得られるまで、各サブキャリアに1ビットずつ加える。追加ビットをサポートするために最小の追加パワーを必要とするサブキャリアが最初に選択される。

Chow他による米国特許第5,479,477号には、スループットを最大にするか、または、特定の目標データレート(データ速度)に対するマージンを最大にすることが可能なビットローディング方式が開示されている。Hughes-Hartogsによるものとは異なり、Chow他によるものは、ビットローディングテーブルを一度に1キャリア(一度に1ビットではなくて)決定する。Chow他によれば、全てのキャリアは、測定された信号対ノイズ比に従って降順で記録される。選択される最初のサブチャンネルは、最も多くのビットを伝送することができるサブチャンネルである。データレートを最大にするために、Chow他による方式を使用することにより、Hughes-Hartogsのアルゴリズムによって得られるのと同様のビットローディングテーブルを得ることができる。

受信機が受信データを正しく解釈するためには、送信機と受信機が同じビットローディングテーブルを使用しなければならない。ビットローディングアルゴリ

ズムが通信の初期化段階中に実行されると、その結果生じたビットアロケーションテーブルが送信機と受信機間を伝送されて、送信機と受信機の両方が、同じビットローディングテーブルを使用することを確実にする。しかし、通信チャンネルの信号対ノイズ比特性が通信中に変化した場合は、ビットアロケーションテーブルを更新／変更して、伝送系をチャンネル特性により適切に整合させることが必要となろう。一方、ビットアロケーションテーブルが変化した場合は、新しいテーブルの使用を送信機と受信機の両方について同期化させる必要がある。送信機と受信機が任意の時間に異なるビットアロケーションテーブルを使用すると、通信リンクには、ビットアロケーションテーブルが一致しないサブチャンネルにおいて重大なエラーが発生することになる。

さらに、新たなビットアロケーションテーブルを決定するためには時間がかかる場合があり、特に、ビットローディングアルゴリズムが、Hughes-Hartogsによって開示された、ビットアロケーションテーブルを一度に1ビット構成するような計算量の多いものである場合にはそうである。ビットアロケーションテーブルを、送信機と受信機間の通信中に何度も計算することになる場合は、ビットアロケーションテーブルを再計算するために（データを計算するためではなく）比較的長い時間を費やすことは望ましくないことである。

1つの解決策は、初期化の後にビットローディングテーブルを単に変更しないことである。しかし、これは、通信チャンネルの信号対ノイズ比がデータ送信中に変化する場合には受け入れることができないことがある。従って、ビットローディングテーブルを比較的高速に決定し、送信機と受信機による新しいテーブルの使用を同期化できることが望ましい。

発明の要約

本発明によれば、1組のビットアロケーションテーブルが、送信機と受信機の両方で保持される。これらのテーブルは、データフレームから分離した制御フレームにおいて、受信機に送信された既知のデータについて実行される信号

対ノイズ比の測定を使用して、必要に応じて更新される。送信機は、2つのテーブルのうちのどれを次の通信のために使用すべきかについて受信機に知らせる。

このことは、データ通信中のある時点で、送信機から受信機にフラグを送信することによって行うことが好ましい。こうすることによって、受信機は、以後、通信に使用するビットローディングテーブルを切り換えて、それを送信機の対応するテーブルと同期化させる。

本発明の好適な実施態様では、継続時間が245.5マイクロ秒の69「フレーム」のそれぞれが16.94ミリ秒の「スーパーフレーム」を形成するために使用される（しかし、本発明はこれに限定されない）。各スーパーフレームの最初のフレームは、送信機から受信機に標準の（既知の）データセットを送信するために使用される制御フレームからなり、残りのフレームがデータを含んでいる。受信機は、各チャンネルについてこのフレーム内の受信データの信号対ノイズ比を測定し、これを、次のデータ伝送のためのチャンネルビット割り当てを計算するために使用する。実際には、全てのスーパーフレーム毎に信号対ノイズ比を計算する必要はないことがわかっている（計算することはもちろん可能であるが）。それどころか、ほとんどのデータ伝送について、数フレームにわたるチャンネルの信号対ノイズ比を測定し、それらを平均し、その結果値に基づいてビットアロケーションテーブルを更新し、こうして決定されたビットアロケーションテーブルを数百あるいは数千の以降のフレームについて使用することで十分なことがわかった。

ビットアロケーションテーブルの更新は、各チャンネルにおいて測定された信号対ノイズ比(SNR)を、1群の信号対ノイズ比(constellation signal to noise ratio、以下、群信号対ノイズ比と記載) $SNR[c_j]$ と比較することによって実行される。 $SNR[c_j]$ は、試行ノイズマージン M により、 $SNRa[c_j] = SNR[c_j] + M$ に拡張される。群信号対ノイズ比 $SNR[c_j]$ は、特定の信号対ノイズ比 SNR_j を有するチャンネル j 上を送信することができるビット数 c_j （「群サイズ」）を規定する。ここで、 c_j は、例えば、1から15まで変化することができる。マージン M の値は、拡張された群信号対ノイズ比 $SNRa[c_j]$ に従ってチャンネル上を伝送することができるデータ量（すなわち、ビット数）と、送信されるこ

とが望まれる量（「目標データレート」） N との差に依存する。このマージンの値は、測定された信号対ノイズ比 SNR_j により明らかにされるような特定の通信条件

に対して、それを最適化するために変更される。

特に、それぞれが、信号対ノイズ比 SNR_j によって特性付けられる J チャンネル上を送信することができるビットの総数は、

$$N_{\max} = \sum_{j=1}^J c_j$$

であり、ここで、各 c_j は、測定された信号対ノイズ比 SNR_j から決定される。例えば、本発明の好ましい伝送形態である、直交振幅変調（QAM）システムのチャンネル容量計算に関する「Digital Communications」(G.Proakis)の278頁以降を参照されたい。チャンネル容量計算を前もって実行して、高速アクセスのためにルックアップテーブルの形式で記憶するのが好ましい。本明細書に記載した好適な実施態様では、マージン M は、 $M = (10/J) * (N_{\max} - N)$ として決定される。この場合、拡張された群信号対ノイズ比は、 $SNRa[c_j] = SNR[c_j] + M$ によって与えられ、この値は、（例えば、上述したようなテーブル参照によって）チャンネル上を送信することが可能なビット数を決定するために使用される。チャンネルの信号対ノイズ比 SNR_j ではなくて、群信号対ノイズ比 $SNR[c_j]$ を拡張することによって、追加に必要なものは少なくなる。なぜなら、群サイズの範囲（例えば、 $c_j = 1 \dots 15$ ）は、一般的に、チャンネルの範囲（例えば、 $j = 1 \dots 256$ ）より小さいからである。

（前述した計算によって決定される）所定の間隔でチャンネル上を送信可能なデータ量が、その所定の間隔で送信すべき所望のデータ量と異なっており（すなわち、 $N_{\max} \neq N$ ）、かつ、所定の他の終了条件が満たされていないと仮定する限り、受信機は、マージン M を繰り返し調整して、 N_{\max} を再計算するループを反復する。これを行うために、受信機は、高マージン閾値 M_H と低マージン閾値 M_L を設定する。ビットアロケーションテーブルが再計算されることになるスーパーフレームの期間に、高閾値及び低閾値のマージンは、 N_{\max} が N より大きいのか、 N より小さいかによって、第1の状態（ $M_H = 0$ 、 $M_L = (10/J) * [N_{\max} - N]$ ）か、第2の状態（ $M_L = 0$ 、 $M_H = (10/J) * [N_{\max} - N]$ ）

のいずれかに初期化される。

これ以後、各々の繰り返しにおいて、高または低マージンのいずれかが、 $N_{max} = N$ となる条件を求めて調整される。具体的には、次の（初期化段階ではない）繰り返しの始まりで、マージンは、高と低マージンの閾値の平均である $M = (MH + ML) / 2$ に設定され、拡張された群信号対ノイズ比 $SNRa[c_j]$ 、ビットアロケーションテーブル $B[j]$ 、及び計算された容量 N_{max} が決定される。

計算された容量が所望の容量を超えた場合、すなわち、 $N_{max} > N$ の場合は、受信機は低マージン閾値をマージン M に増加、すなわち、 $ML = M$ に設定する。計算された容量が所望の容量よりも小さい場合、すなわち、 $N_{max} < N$ の場合は、受信機は高閾値を減少、すなわち、 $MH = M$ に設定する。これらが、さらに、繰り返される。

受信機は、いくつかの条件のうちのどれかの条件が生じたときにループを抜ける。第1は、 $N_{max} = N$ が判定されたときに起こる。これは、望ましい解決策であり、通信チャンネルにマージンの最適な均等分布が生じたことを表している。第2は、検査条件 $(N_{max} - N)$ が発散する場合に起こる。第3は、所望の同一が、規定された繰り返し数後に達成されなかった場合に起こる。本明細書に記載した好適な実施態様に従って実施された1システムでは、最大16回の繰り返しが十分であることが分かった。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に従うビットアロケーションテーブルを示すADSL通信システムの概略図である。

図2は、本発明に関連して使用される制御及びデータフレームを示す図である。

図3は、多重キャリア通信システムを示すグラフである

図4は、信号対ノイズ比を周波数の関数として示すグラフである。

図5は、多重キャリア通信システムのためのビットローディング及びマージンを示すグラフである。

図6は、多重キャリア通信システムのためのビットローディングアルゴリズムを示すフローチャートである。

図7は、図6のビットローディングアルゴリズムの初期化部を示すフローチャートである。

図8は、多重キャリア通信システムにおいて使用されるビットアロケーションテーブルの変化を計算し、修正し、及び同期化させるための受信機のソフトウェアの動作を示すフローチャートである。

例示的实施態様の詳細な説明

図1において、非同期データ加入者ループ(ADSL)通信に使用する送信機10は、遠隔の受信機16に送信するために、複数のチャンネルにデータを割り当てる際に使用する第1及び第2のビットアロケーションテーブル12と14を有している。該遠隔の受信機は、それらに対応するビットアロケーションテーブル20と22を有している。テーブルは、送信機のテーブルコントローラ24の制御の下にペアで動作する。ADSL方式では、受信機に送信されるデジタル信号 $s(t)$ は、ビットアロケーションテーブルに記憶されたチャンネル割り当てに従って、複数のチャンネル f_1, f_2, \dots, f_J に分配される。具体的には、各チャンネル j について、テーブル $B[j]$ は、そのチャンネルについて測定された特定の信号対ノイズ比における所定のビット誤り率(エラー率)で特定のチャンネル上を確実に伝送することが可能なビット数を規定する。これらのテーブルは、本明細書で詳細に説明するように決定され、伝送中に時々変化することが可能である。

任意の所定時間に、1つのテーブル、例えば、テーブル12が、送信機での送信のために使用され、対応するテーブル、例えば、テーブル20が、受信機での受信のために使用される。これらのテーブルは、互いに像関係にあり、すなわち、同じデータを含み、ペアで使用されて、信頼性の高い通信を可能にしている。同様に、テーブル14と22は、互いに像関係にあり、ペアで使用される。

受信機のテーブル制御ユニット24は、ビットアロケーションテーブル12、14、20及び22の構成を制御する。これは、各チャンネル f_1, f_2, \dots

f_J の信号対ノイズ比を測定し、この測定値と、本明細書に記載したようにノイズマージンで拡張された、所定の信号対ノイズ比におけるチャンネルのビット容量を規定する事前決定された値とを比較し、従って、各チャンネルに対するビッ

ト割り当てを決定する。このように規定された割り当ては、受信機のテーブル20と22に記憶される。それらは、また、例えば、制御チャンネル26を介して送信機に送り戻され、そこで、テーブル12及び14としてそれぞれ記憶される。伝送系は、最初のローディングの後、更新されたテーブルだけが送信機に送り戻されるように、都合良く構成される。

送信機10では、テーブル切り換えユニット28が、2つのテーブルの組(12、20; 14、22)のうちどれを所定の送信及び受信に使用するかを選択する。一般的には、通信条件が十分に变化してチャンネル間のビット割り当てが变化するまで、所定の組が継続して使用される。通信条件が十分に变化した場合には、新たなテーブルを受信機で構成して、送信機に伝送しなければならない。この場合には、テーブル切り換えユニット28は、通常、次の伝送用の新たなテーブルに切り換えることになる。そして、テーブル切り換えユニットは、他の組への切り換えが行われたことを示すフラグを受信機に送信する。この切り換えは、通常、次のスーパーフレームから有効になるが、受信機を予め構成することにより、それ以降のある取り決めた時点で有効にすることもできる。

図2に、スーパーフレーム30を示す。これは、制御フレーム32と複数のデータフレーム34から構成される。制御フレーム間に、送信機は、既知の信号を受信機に送信するが、受信機は、この信号から、ビット割り当てを計算するために、各チャンネルの信号対ノイズ比を測定することができる。スーパーフレームの残りのフレームは、所望のデータを送信するためのデータフレームから構成される。本発明の好適な実施態様では、16.94ミリ秒のスーパーフレーム時間について、それぞれが245.5マイクロ秒の時間期間である、1つの制御フレームと68のデータフレームがある。

図3に、多重キャリア信号伝送を示すグラフ100を示す。グラフ100の水平軸102は周波数を表しており、軸102の左側に向かう方向に周波数が

低くなり、軸102の右側に向かう方向に周波数が高くなる。グラフ100は、J個の個別のキャリア信号を取り込んだ多重キャリア信号が、周波数 f_1 、 f_2 、 $\dots f_J$ の周波数でキャリアによって伝送されることを示している。

グラフ100に示す各キャリアは、所定数の情報ビットを送信することができる。従って、多重キャリア信号によって伝送される総ビット数は、各キャリアが伝送することができるビット数の和である。例えば、各キャリアが3ビットの情報を送信することができる場合は、グラフ100に示す信号は、全部で $J \times 3$ ビットの情報を送信することができる。

好適な実施態様では、各キャリアは、直交振幅変調 (QAM) を使用して情報を伝送する。QAMは、各キャリア信号の振幅と位相の異なる組み合わせが、異なるデジタル値を表すところの従来のデジタル信号符号化技法である。例えば、キャリアが4つの可能な値のうちの1つを表すことができるように、2つの異なる可能な振幅(A1とA2)、及び、2つの異なる可能な位相(P1とP2)を使用して、キャリア信号を符号化することができる。ここで、第1の値は、キャリア信号の振幅がA1で位相がP1の場合であり、第2の値は、A1とP2の組み合わせに対応し、第3の値は、A2とP1の組み合わせに対応し、そして、第4の値は、A2とP2の組み合わせに対応する。所定のキャリア信号についての振幅と位相の種々の組み合わせは、「群(constellation)」と呼ばれる。特定のキャリアによって伝送される総ビット数は、該キャリアについて取りうる最大の群サイズの数であるということに留意されたい。

各キャリアについて、最大の群サイズ、すなわち、該キャリアが伝送することができる最大のビット数は、通信チャネルの信号対ノイズ比 (SNR) の関数であり、また、所望のビット誤り率 (BER) の関数である。BERは、伝送された総ビット数当たりの1ビット送信/受信誤り (エラー) の数である。特定のキャリアに関連する個別の振幅及び/または位相の数が増えると(すなわち、群サイズが増えたと)、ビット誤りの可能性が高まる。BERは、群サイズが大きくなると増加する。なぜなら、個別の振幅及び/または位相の数が増えたと、個別の位相及び/または振幅間の差が小さくなり、従って、異なる位相及び/または振幅値を識別する受信機的能力が減少するからである。

BERとSNRの関係は、多重キャリア通信の分野では周知である。所定の群サイズに対して一定値以下のBERをサポートすることが可能な最小のSNRを示すテーブル

を利用することができる。例えば、以下のテーブルでは、群信号対ノイズ比SNR[c_g]は、BERの期待値 10^{-7} （すなわち、毎 10^7 ビット送信当たり1ビットのエラー）を得るために、指定されたサイズを有する群を送信するために必要な最小のSNRを示す。群サイズが大きくなると、必要な最小のSNRもまた増加するということに留意されたい。

群サイズ c (ビット)	SNR要件
2	14 dB
3	19 dB
4	21 dB
5	24 dB

図4のグラフ110は、周波数 f_1 と f_j 間のキャリアを有する多重キャリア信号を送信する通信チャネルについてのSNRと周波数の関係を示す。グラフ110の垂直軸112がSNRを表す。グラフ110の水平軸114は、図3のグラフ100の水平軸102に関して示したのと同様に周波数を表す。

曲線116は、 f_1 と f_j の間の周波数についてSNRと周波数の関係を示す。ここで、 f_1 と f_j はそれぞれ、多重キャリア周波数信号の最低、最高キャリア周波数である。曲線116は、例えば、周波数 f_m におけるSNRが、周波数 f_n におけるSNRよりも小さくなるように、周波数に応じてSNRが変化することを示している。上記のテーブルによれば、所定のBERに対して、キャリア周波数 f_m によってサポートされる群サイズが、キャリア周波数 f_n によってサポートされる群サイズよりも小さいと推定される。

図5のグラフ120は、曲線122を使用してSNRと周波数の仮想的な関係を示すものである。グラフ120は、図4のグラフ110に類似している。グラフ120の垂直軸はSNRを表しており、 10^{-7} のBERについての群サイズに対する最小のSNR要件を示した上記テーブルのSNR値が重ね書きされて

いる。グラフ120は、2ビットの群サイズをサポートするために14 dBのSNRが必要であり、3、4、及び5ビットの群サイズをサポートするために19、21、及び24 dBのSNRがそれぞれ必要であることを示している。これに基づ

けば、曲線122を使用して f_1 と f_j 間の各キャリア周波数について最大の群サイズを決定することが可能である。例えば、曲線122は、 f_1 と f_a 間の任意のキャリア周波数は、4ビットの最大群サイズをサポートすることができるということを示している。なぜなら、 f_1 と f_a 間の曲線122のすべての部分は、21 dB（4ビットの群サイズをサポートするために必要な最小のSNR）より大きい。24 dB（5ビットに対する最小のSNR）よりは小さいからである。 f_1 と f_a 間のどのキャリア周波数も、最小のSNR要件を生成するために使用される該BERにおいて5ビットの群サイズをサポートすることはできない。

図5において、 f_a と f_b 間の曲線122の部分は24 dBより大きい。従って、 f_a と f_b 間のキャリア周波数は、少なくとも5ビットの最大群サイズをサポートすることができる。同様に、 f_b と f_c 間のキャリア周波数は、4ビットの最大群サイズをサポートし、 f_c と f_d 間のキャリア周波数は、3ビットの最大群サイズをサポートし、 f_d と f_e 間のキャリア周波数は、2ビットの最大群サイズをサポートし、 f_e と f_j 間のキャリア周波数は、3ビットの最大群サイズをサポートする。

必要な最小SNRと実際の送信チャネルのSNRとの差は、「マージン」と呼ばれる。例えば、曲線122は、4ビットがキャリア周波数 f_1 で 사용되는場合は、 f_1 のキャリア周波数は0より幾分大きなマージン124を有するということを示している。なぜなら、図5に示す f_1 におけるSNRは、最小SNR要件21 dBよりも大きいからである。同様にして、特定のキャリア周波数においてサポートされる最大群サイズよりも小さいものを使用することができる。例えば、曲線122は、周波数 f_a のキャリアが5ビットの群サイズをサポートするということを示している（ f_a におけるSNRが24 dBなので）が、3ビットだけで周波数 f_a のキャリアを符号化することができる。この場合は、周波数 f_a におけるマージンは、 f_a における送信チャネルのSNR（2

4 dB）と周波数 f_a において3ビットの群サイズをサポートするために必要なSNR（19 dB）との差である。従って、周波数 f_a におけるマージンは5 dBである。

多重キャリア信号が、最大のデータビット数を伝送するために使用される場合は、通信チャンネルのSNRが最初に測定され、次に、各キャリアが、サポートされる最大群サイズに設定される。しかし、多くの用途において、多重キャリア信号は、可能な最大のビット数よりも少ないビット数を送信するために使用される。そのような場合には、信号の全体のマージンを最大にし、これによって誤り率を低減することが有効である。このことは、簡単な例で説明することができる。

2チャンネルの多重キャリア信号が、第1のキャリアについては5ビットの、第2のキャリアについては4ビットの最大群サイズを有していると仮定する。さらに、該信号を使用して6ビットを送信することが望まれていると想定する。2つキャリア間にビットを割り当てるための1つの方法は、第1のキャリアを使用して5ビットを送信し、第2のキャリアを使用して1ビットを送信することである。しかし、この場合は、第1のキャリアに対するマージンは比較的小さく、第2のキャリアに対するマージンは比較的大きい。第1のキャリアによって伝送されるビットには、第2のキャリアによって伝送されるビットよりも多くのエラーが発生するであろう。なぜなら、大部分のビットは第1のキャリアによって送信されるからである。この場合、信号の全体の誤り率は目標BERより低いものの、依然として、この場合にあるべき値より大きい。ビットを割り当てるより有効な方法は、3つのビットを2つのキャリアのそれぞれに割り当てることであろう。この場合は、両方のキャリアが比較的大きなマージンで動作し、信号の全体の誤り率は減少する。

もちろん、多くの多重キャリア通信アプリケーションでは、数百ものキャリア及び数百から数千ものビットが伝送される。さらに、比較的高速な方法でビットを割り当てる必要がある。なぜなら、時間を費やして割り当てるビットは、時間を費やさない通信情報だからである。さらに、チャンネルの伝送特性が動的に変化する場合は、ビットを通信中に再割り当てすることが必要と

なることがある。

図6のフローチャート150は、多重キャリア信号のキャリア間にビットを割り当てるための技法を示すものである。処理はステップ152で開始し、そこで

、ビットを割り当てるために使用される種々の量が初期化される。これらの量には、マージンの上限 M_H 、マージンの下限 M_L 、及び、反復カウンタ k が含まれ、これについてはさらに詳しく後述する。ステップ152の次にステップ154に進み、そこで、マージン M が、 M_H と M_L を平均することによって計算される。

ステップ154の次はステップ156に進み、そこで、種々の群サイズ $RSNR[c]$ に対してテーブルが指示する必要な SNR が計算される。 $RSNR[c]$ は、マージン M とサイズ c の群をサポートすることができる最小の SNR 要件との和に等しいエントリを有するテーブルであり、従って、拡張された群信号対ノイズ比 $SNRa[c_j] = SNR[c_j] + M$ から構成される。ステップ156の次はステップ158に進み、ここで、ビットテーブル $B[j]$ が計算される。 $B[j]$ は、 $RSNR[c]$ に記憶される値が与えられた場合に、各キャリア f_1, \dots, f_j に割り当てることができるビットの最大数のテーブルである。最大数のビットは、図5に関して上述したのと同様にして、各キャリアに割り当てられる。

ステップ158の次にステップ160に進み、そこで、値 N_{max} が計算される。 N_{max} は、チャンネル上を伝送することができるビットの最大数を表しており、テーブル $B[j]$ 内のすべての値を合計することによって決定される。テーブル $B[j]$ は、計算されたマージンを加えた各群サイズに対して要求される最小の SNR に基づいて、各キャリアについて送信することができるビットの最大数を含んでいるので、 N_{max} は、各キャリアが少なくとも M のマージンを有するチャンネル上を送信可能なビットの最大数を表す。

ステップ160の次は検査ステップ162に進む。ステップ162では、 N_{max} が、多重キャリア信号を使用して送信されるビット数である N に等しいかどうかを判定する。 N_{max} が実際に N に等しくない場合は、処理は終了し、ビットテーブル $B[j]$ は、各キャリアが少なくとも M と同じ大きさのマージンを有するところの多重キャリア信号のキャリア間のビット割り当てを表す。

検査ステップ162で N_{max} が N に等しくないと判定された場合は、処理は、検査ステップ162から検査ステップ164に移行する。 N が N_{max} より小さい

場合は、次の繰り返しで（ N_{\max} を減少させるために）マージンを増やすことができるということに留意されたい。同様に、 N が N_{\max} よりも小さくない場合は、マージンは大き過ぎ、次の繰り返しで小さくすることが必要である。検査ステップ164で、 N が N_{\max} より小さいと判定された場合は、制御は、検査ステップ164からステップ166に移り、そこで、マージンの下限 ML が M に等しく設定される。 ML を M に等しく設定することにより ML が効果的に増加し、ステップ154における次の繰り返しで計算されるマージン M の値が増加することになる。

逆に、ステップ164で、 N が、 N_{\max} より小さくないと判定された場合は、制御は、ステップ164からステップ168に移り、そこで、マージンの上限 MH が M に等しく設定される。これによって、 MH の値が効果的に減少し、従って、 M が次の繰り返しのステップ154で計算されるときに M の値が減少することになる。

制御は、ステップ166またはステップ168のいずれかからステップ170に移り、そこで、反復カウンタ k が増加される。ステップ170の次は検査ステップ172に進み、そこで、反復カウンタが、反復カウンタに対する許容可能な最大値 K_{\max} より小さいかどうか判定される。反復カウンタ k は、ステップ162における終了条件（すなわち、 $N_{\max} = N$ ）が満たされない場合でも、所定の繰り返し数の後に確実にアルゴリズムを終了させるために使用される。

好適な実施態様では、 K_{\max} は16である。

検査ステップ172で k が K_{\max} より小さくないと判定された場合には、制御は、ステップ172からステップ174に移り、そこで、適宜、残りのビットが削除されるか、またはビットテーブル $B[j]$ に追加される。テーブル $B[j]$ に割り当てられたすべてのビットの和が、多重チャンネル信号によって伝送されるビット数 N に等しくなるように、ビットは、ステップ174でランダム方式または疑似ランダム方式で追加または削除される。この例の場合は、各キャリアが少なくとも M のマージンを有するという保証はない。ステップ174は、ア

ルゴリズムがステップ162において終了条件を満足することができなかった場

合に、割り当てプロセスを終了させるために単に実行される。

検査ステップ172で、反復カウンタ k が、予め設定した反復カウンタの最大値より小さいと判定された場合は、制御は、ステップ172から検査ステップ176に移り、そこで、アルゴリズムが発散するかどうか、すなわち、 $(N_{\max} - N)$ が増加するかどうか判定される。アルゴリズムは、検査ステップ162で N_{\max} が N に等しいときに終了するので、各繰返しで N_{\max} の値が N の値に近くように、アルゴリズムは収斂するのが望ましい。しかし、検査ステップ176で、 N_{\max} の値が、各繰返しで N の値から実際に遠ざかるということが判定された場合は、制御は、ステップ176からステップ174に移り、そこで、上述したように、残りのビットが、テーブル $B[j]$ の値中にランダムに分配され、その後、処理は終了する。

検査ステップ176で、アルゴリズムは発散しないということが判定された場合は、制御は、ステップ176からステップ154に戻り、そこで、マージンが次の繰返しのために計算される。次の繰返し154で計算されるマージンは、上述したように、検査ステップ164で N が N_{\max} より小さかったかそうでなかったに応じて、前の繰返しで計算されたマージンより小さいか大きいかのいずれかである。

図7のフローチャート180は、図6に示したフローチャート150のステップ152の初期化ルーチンを詳細に示すものである。初期化ルーチンに入ると、処理がステップ182で開始し、そこで、チャンネルの伝送特性が測定されて、多重キャリア信号の各キャリア周波数における信号対ノイズ比が決定される。図4及び図5に関して上述したように、伝送チャンネルの信号対ノイズ比は、周波数の関数でありうる。ステップ182でチャンネルの伝送特性を測定するが、それについては詳細に後述する。

ステップ182の次にステップ184に進み、そこで、要求される最小の信号対ノイズ比のテーブル $SNR[c]$ が初期化される。上述したように、所定のビット誤り率 (BER) について、各群サイズ c に対して要求される最小の SNR を、当該技術分野において既知の従来の計算によって、あるいは、テキストブ

ックの値を参照することによって決定することができる。ステップ184の次はステップ186に進み、そこで、ビットテーブルB[j]が計算される。ステップ186でのビットテーブルの計算は、拡張されていないSNRテーブルが、ステップ158で使用されるRSNRテーブルではなくてステップ186で使用されるSNR[C_j]であるという点を除いて、図6のフローチャート150に関して上述したステップ158におけるビットテーブルの計算に類似している。ステップ186でSNRテーブルを使用することにより、ビットテーブルB[j]をマージン0で効率的に計算することができる。ステップ186の次はステップ188に進み、そこで、N_{max}が計算される。ステップ188は、図6のフローチャート150に関して上述したステップ160に類似している。すなわち、N_{max}は、ビットテーブルB[j]内のすべてのエントリの単純な和である。

ステップ188の次はステップ190に進み、そこで、N_{max}がNに等しいかどうか判定される。ステップ190でN_{max}がNに等しい場合は、処理は、全アルゴリズム（初期化部分だけではない）について完了する。なぜなら、チャンネルはN_{max}ビットの伝送だけをサポートするからである。すなわち、デフォルトでは、チャンネルはNビットまでしか送信することができないので、ステップ190でN_{max}がNに等しい場合は、アルゴリズムを継続し、マージンを計算するポイントはない。

検査ステップ190で、N_{max}がNに等しくないと判定された場合は、制御は、ステップ190から検査ステップ192に移り、そこで、NがN_{max}より小さいかどうか判定される。ステップ192でNがN_{max}より小さくない場合は、チャンネルは、ステップ184でSNRテーブルを構成するために使用されるBERでのNビットの送信をサポートしないということに留意されたい。すなわち、チャンネルの帯域幅はあまりにも小さい。しかし、この場合は、アルゴリズムは、負のマージンを計算し、負のマージンを最大にするために単に処理を続行することによって継続可能であり、これによって、実現されるBERは所望のBERを越えるであろうが、与えられた要求データレートに対して、それはさらに最小化される。他の実施態様では、アルゴリズムはこの時点で終了することができ、ビットを割り当てることはできないということを示す。さらに

他の実施態様では、アルゴリズムは、種々の群サイズに対して、より大きなBER及び（可能性のある）より小さなSNR要件を使用して再実行することができる。

ステップ192で、Nが N_{\max} よりも小さくない（すなわち、システムが負のマージンで動作している）と判定された場合は、制御は、ステップ192からステップ198に移り、そこで、マージンの下限MLが0に設定される。ステップ198の次はステップ200に進み、そこで、マージンの上限が、式 $MH = (10/J) * (N_{\max} - N)$ を使用して設定される。しかし、この場合は、 $N_{\max} - N$ が正の数であるので、マージンの上限は、ステップ200で正の値に設定されることになるということに留意されたい。

ステップ200またはステップ196のいずれかに続いて、制御はステップ202に移り、そこで、所定数の繰り返しの後にアルゴリズムを終了させるために使用される反復カウンタが1に設定される。ステップ202に続いて、初期化ルーチンが起動されて、図6に関して上述したように、残りの処理を続行することができるようになる。

ステップ196でMLを設定するために、及び、ステップ200でMHを設定するために使用される式は、最終的なマージンがMLとMHの間の範囲外に出ないことを保証しつつ、アルゴリズムが適度な繰り返し数で収斂するように、マージンの上限及び下限を与える。もちろん、MLとMHの初期値を計算するための他の式または技法を使用して本発明を実施することが可能である。

図8のフローチャート210は、多重キャリア信号のそれぞれのキャリアにビットを割り当てて、ビットアロケーションテーブルの変化を送信機と同期させるために受信機によって使用されるソフトウェアの動作を示すものである。最初の検査ステップ262で処理が開始するが、そこで、受信機が基準フレームを受信したかどうかを判定する。基準フレームは、前もって決められており、受信機がチャネルの特性を決定することができるように送信機によって受信機に供給される特別なデータビットからなる検出可能なフレームである。基準フレームを送信機によって送るべきかどうかを判定するために他の従来技法を使用することができるが、好適な実施態様では、基準フレームを周期的に送信

する。基準フレームは、基準フレームが供給されつつあるということを示すパケット内の特別なヘッダーのような、種々の従来技法のうちの任意の1つを使用して、受信機により認識される。多重キャリア通信に関連して基準フレームを使用することは、当該技術分野では周知である。基準フレームがステップ262で受信されない場合は、ソフトウェアは検査ステップ262にループバックして、基準フレームを受信したかどうかについてポーリングする。

検査ステップ262で、基準フレームを受信したことが判定された場合は、制御は、ステップ262からステップ264に移り、そこで、基準フレーム内のエラーが第1の信号の既知の群距離 (constellation distance) に関して測定される。基準フレームは、前もって決められた信号なので、受信機は送信機によって何が送信されたかを正確に知ることができるということに留意されたい。従って、受信機によって受信されたデータと、信号データの期待値との差は、伝送チャネルによって導入されるエラーによって説明することができる。これらのエラーはステップ264で測定される。

ステップ264に続いてステップ266に進み、そこで、受信機は、ステップ264で測定したエラーに基づいてチャネルの特性を決定する。これは、検出された伝送エラーに基づいてチャネルの特性を決定するための技法を使用する従来方式で行われる。ステップ266に続いてステップ268に進み、そこで、受信機は、好適な実施態様においては、図6及び図7に関連して開示した技法を使用してキャリア間に種々のビットを割り当てる。

ステップ268に続いて検査ステップ270に進み、そこで、ステップ268で与えられたビットアロケーションテーブルが、以前のビットアロケーションテーブルと異なるかどうかを判定する。すなわち、ステップ270で、新たに計算されたビットアロケーションテーブルと、以前のビットアロケーションテーブルとの間の差違があるかどうか判定される。検査ステップ270で、差違がない（すなわち、ビットアロケーションテーブルは変化していない）ということが判定された場合は、制御は、ステップ270からステップ262に戻り、そこで、ソフトウェアは、送信機が別の基準フレームを送信するのを待つ。そうでなくて、ステップ270で、新しいビットアロケーションテーブル

テーブルが、以前のビットアロケーションテーブルと異なるということが判定された場合は、制御は、ステップ270からステップ272に移り、そこで、ビットアロケーションテーブルが変化したことを示すフラグが、受信機から送信機に送られる。好適な実施態様では、フラグは、フラグ用だけに使用するために送信機及び受信機によって予約された多重キャリア信号のうちの1つのキャリアによって、ステップ272で送信される。他の実施態様では、予約されたキャリアを使用して、新しいビットアロケーションテーブルを送信することもできる。

ステップ272に続いてステップ274に進み、そこで、受信機は、ステップ268で決定された新しいビットアロケーションテーブルを送信機に送信する。制御は、ステップ274の後に検査ステップ262に戻り、送信機が、他の基準フレームを送信したかどうかをポーリングするとともに、それを待つ。

図示し、詳細に説明した好適な実施態様に関連して本発明を開示したが、当業者には、それについて種々の修正及び改良が可能であることが容易に理解されるであろう。従って、本発明の思想及び範囲は、請求の範囲によってのみ制限されるべきものである。

【図1】

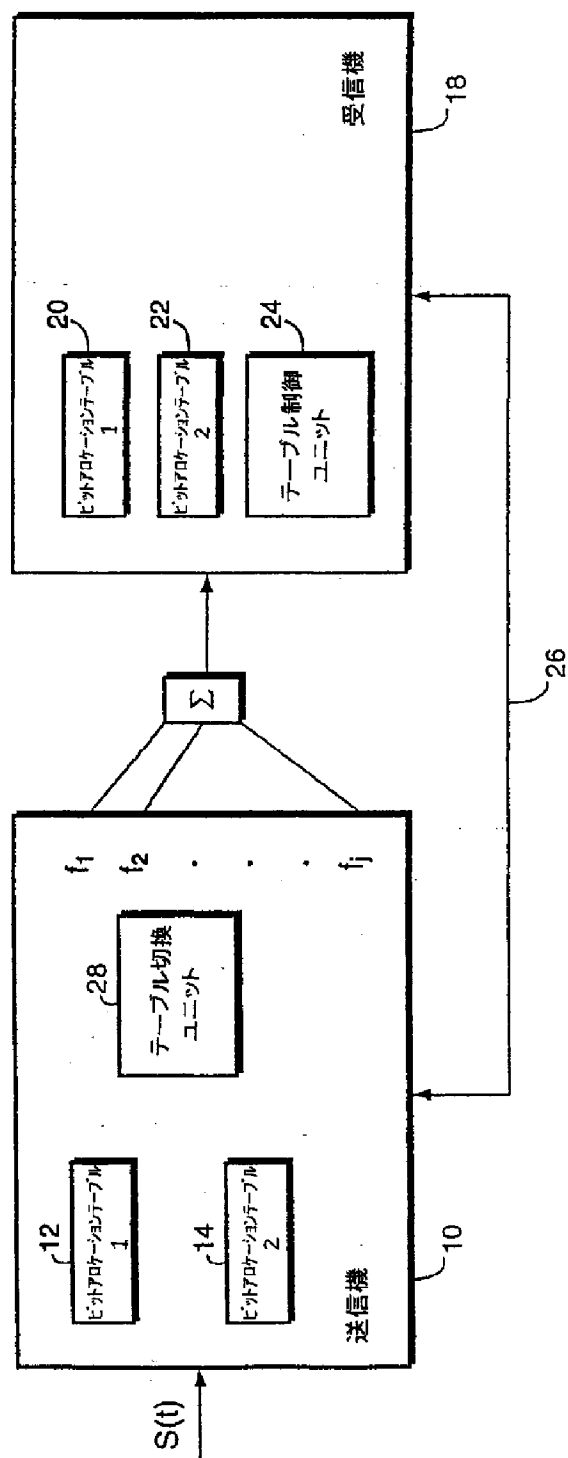


FIG. 1

【図2】

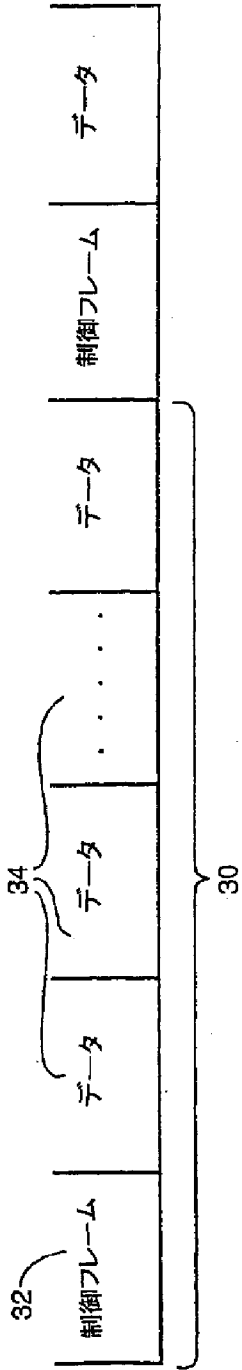


FIG 2

【図3】

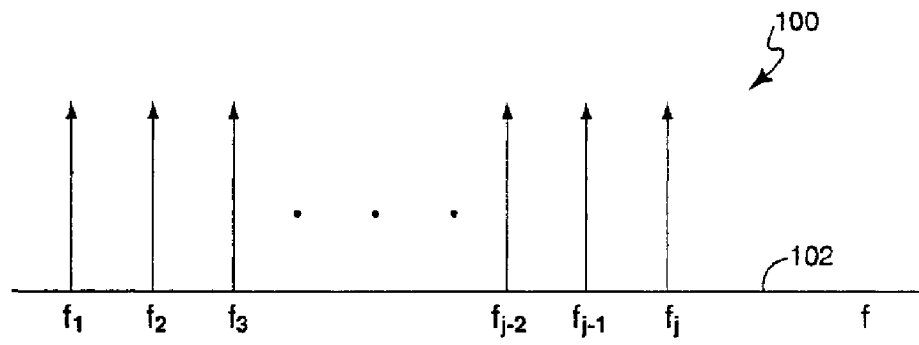


FIG. 3

【図4】

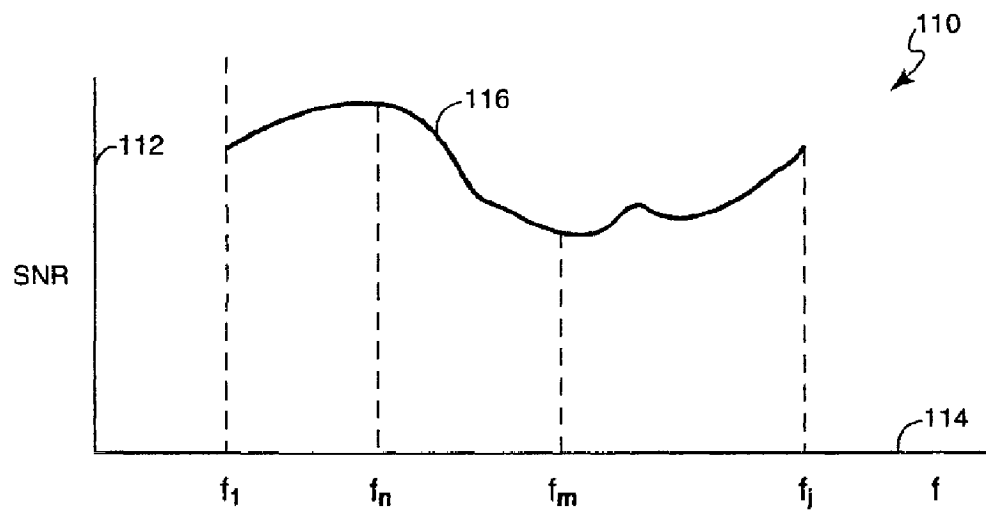


FIG. 4

【図5】

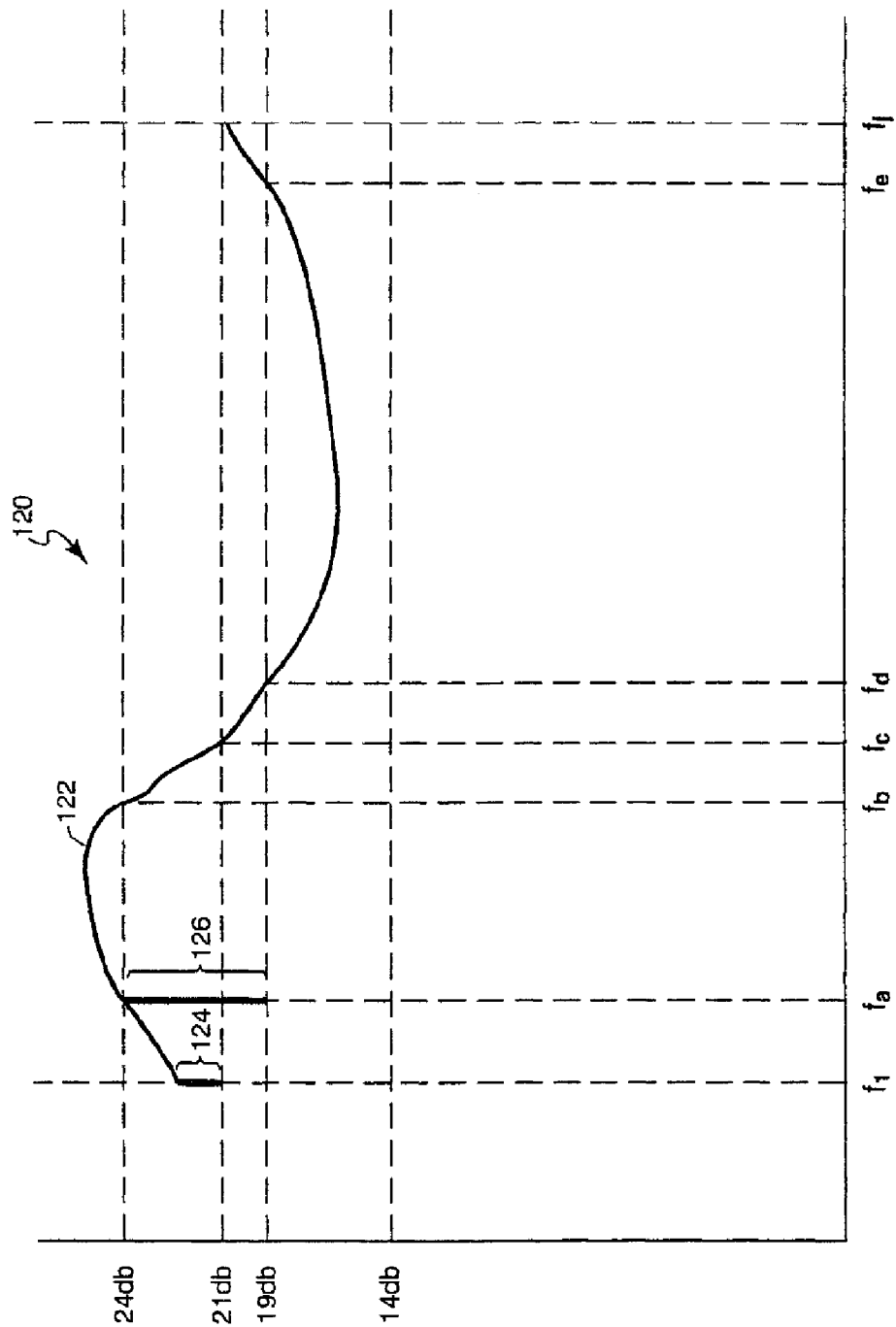


FIG. 5

【図6】

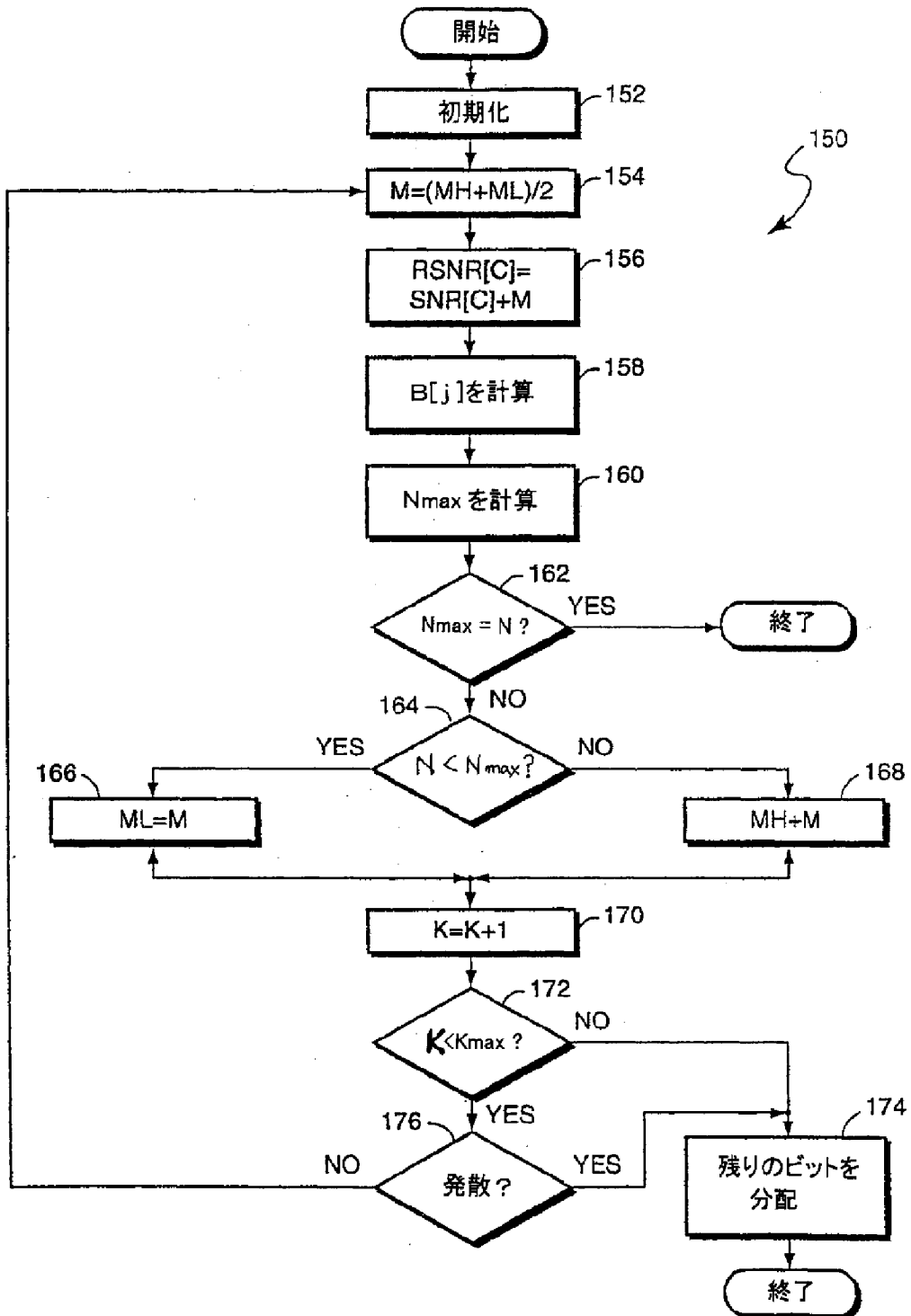


FIG. 6

【図7】

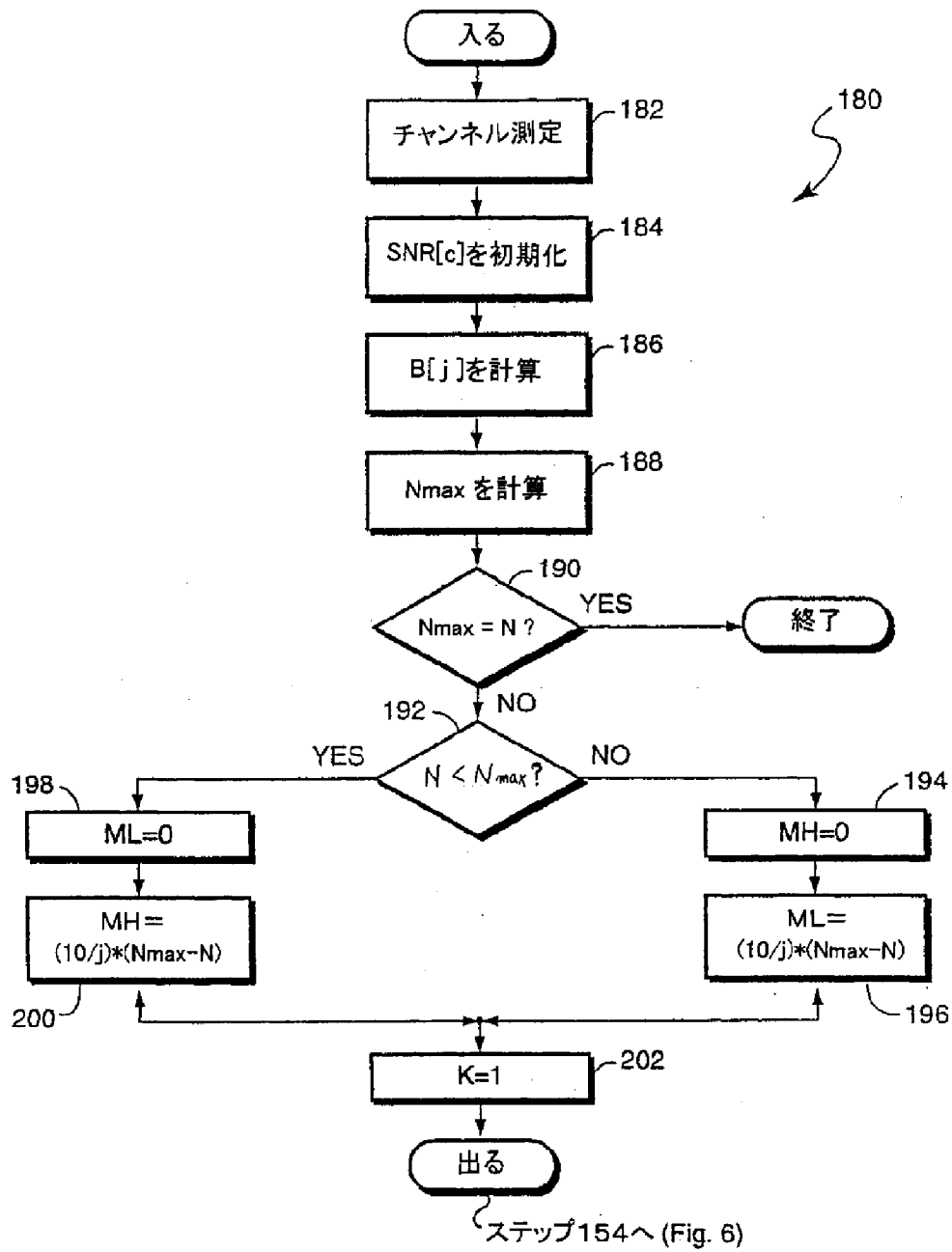


FIG. 7

【図8】

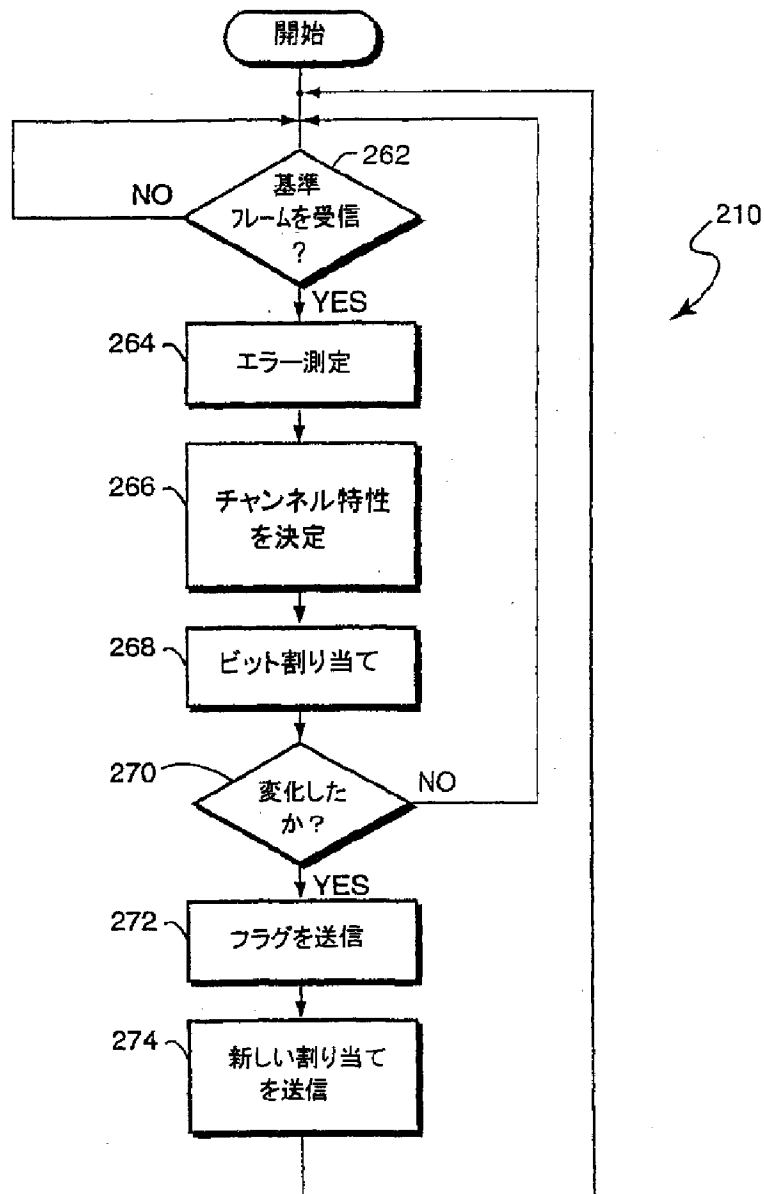


FIG. 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 98/11845

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 753 947 A (ALCATEL BELL NV) 15 January 1997 see column 6, line 39 - line 51 see column 11, line 49 - column 13, line 19 see claims 1-6, 8 see figure 3 ---	1-24
A	US 5 479 447 A (CIOFFI JOHN M ET AL) 26 December 1995 cited in the application see column 3, line 57 - column 4, line 28 see column 5, line 42 - column 6, line 14 ---	1-24
A	WO 86 07223 A (TELEBIT CORP) 4 December 1986 cited in the application see page 17, line 12 - page 24, line 2 ---	1-24
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"S" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 November 1998

Date of making of the international search report

19/11/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koukourlis, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/US 98/11845
--

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	EP 0 812 087 A (MOTOROLA INC) 10 December 1997 see the whole document -----	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 98/11845

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0753947 A	15-01-1997	AU 5832696 A	23-01-1997
		CA 2180973 A	12-01-1997
		US 5812599 A	22-09-1998
US 5479447 A	26-12-1995	NONE	
WO 8607223 A	04-12-1986	US 4679227 A	07-07-1987
		AU 3528189 A	21-09-1989
		AU 587037 B	03-08-1989
		AU 5817786 A	24-12-1986
		AU 609355 B	26-04-1991
		AU 6009690 A	15-11-1990
		BR 8606677 A	11-08-1987
		CA 1251586 A	21-03-1989
		CN 1011461 B	30-01-1991
		CN 1048774 A	23-01-1991
		CN 1048775 A, B	23-01-1991
		CN 1048776 A, B	23-01-1991
		DE 3681887 A	14-11-1991
		DK 31087 A	20-01-1987
		EP 0224556 A	10-06-1987
		JP 6003956 B	12-01-1994
		JP 62502932 T	19-11-1987
		PT 82600 B	29-07-1994
		US 4731816 A	15-03-1988
		US 4833706 A	23-05-1989
		US 5054034 A	01-10-1991
EP 0812087 A	10-12-1997	JP 10155031 A	09-06-1998

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CU, CZ, EE, GE, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, SL, TR, TT, UA, UZ, VN, YU

(72)発明者 ウー, ビュイ
アメリカ合衆国マサチューセッツ州02148,
マルデン, トレモント・ストリート・41エ
イ

【公報種別】 特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】 第 7 部門第 3 区分
【発行日】 平成 17 年 12 月 22 日 (2005.12.22)

【公表番号】 特表 2002-504283(P2002-504283A)

【公表日】 平成 14 年 2 月 5 日 (2002.2.5)

【出願番号】 特願平 11-503053

【国際特許分類第 7 版】

H 0 4 J 1/00

H 0 4 J 11/00

H 0 4 L 27/32

【F I】

H 0 4 J 1/00

H 0 4 J 11/00 Z

H 0 4 L 27/00 D

【手続補正書】

【提出日】 平成 17 年 6 月 9 日 (2005.6.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 補正の内容のとおり

【補正方法】 変更

【補正の内容】

手続補正書

特許庁長官 殿

平成17年6月9日 適

1. 事件の表示

平成11年特許願第503053号

2. 補正をする者

住所又は居所 アメリカ合衆国マサチューセッツ州01730, ベッドフォード, /
ミドルセックス・ターンバイク・40 /
名 称 アウェア, インコーポレイテッド /
国籍 アメリカ合衆国

3. 代理人

住所又は居所 〒564-0063
大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第2ビル
氏 名 (9295) 弁理士 古谷 栄男
電話(06)6368-2160(代)
連絡先 担当



4. 補正対象書類名 明細書

方 式 査 閲



5. 補正の内容

(1)明細書、第1頁、第27行～28行の「ビットアロケーションテーブル」を「ビットアロケーションテーブル(ビットローディングテーブルともいう)」に訂正した。

(2)明細書、第2頁、第23行～第24行、第29行、第3頁、第1行～第2行、第5行、第20行、第23行、第4頁、第5行の、それぞれの「ビットローディングテーブル」を「ビットアロケーションテーブル」に訂正した。

(3)特許請求の範囲を別紙の通り訂正する。

明細書

発明の名称

可変帯域多重キャリア通信用の適応ビット割り当て

技術分野

本出願は、電気通信の分野に関連し、特に、多重帯域デジタル信号通信の分野に関連する。

発明の背景

従来の多重キャリアデジタル通信は、異なる周波数を有する複数のキャリア（サブチャンネル）を使用して、デジタル信号を送受信する技術である。各サブチャンネルは、別々の信号部分を伝達するために使用される。送信機は、信号を複数の成分に分割し、それぞれの成分をキャリアの特定の1つに割り当て、それに割り当てられた成分に従ってそれぞれのキャリアを符号化し、それぞれのキャリアを送信する。受信機は、受信した各キャリアを復号して信号を復元する。

特定のサブキャリア上に符号化することができる最大の情報量は、そのサブキャリアに関連する通信チャンネルの信号対ノイズ比の関数である。通信チャンネルの信号対ノイズ比は、周波数に応じて変化することができ、これによって、あるキャリア上に符号化することができる最大の情報量を、別のキャリア上に符号化することができる最大の情報量と異なるものとすることができるようになっている。

ビットローディングは、各サブチャンネルの信号対ノイズ比に応じて、サブチャンネルにビットを割り当てるための技法である。ビットローディングのアルゴリズムは、各キャリア上に符号化されることになる（ビットにおける）情報量を示すビットアロケーションテーブル（ビットローディングテーブルともいう）を提供する。すなわち、 J 個のキャリアを具備する多重キャリア通信システムでは、ビットアロケーションテーブル $B[j]$ ($j=1 \sim J$) は、 J 個のキャ

リアの各々上に符号化されることになる情報量を示す。

チャンネル特性に整合するように伝送系を構成することが知られている。例えば、「注水 (water pouring)」として知られる技法が、1968 年に Gallager (「Information Theory and Reliable Communication」, 389 頁) によって、また、1965 年に Wozencraft (「Principles of Communication Engineering」, 285-357 頁) によって紹介された。注水には、チャンネルの周波数応答曲線 (周波数の関数として信号対ノイズ比をプロットしたもの) に従って伝送信号のエネルギーを分配することが伴う。周波数応答曲線を反転し、利用可能な信号エネルギー (「水 (water)」) をその反転曲線に「注入 (pour)」して、より多くのエネルギーが、最大の信号対ノイズ比を有するチャンネルの部分に分配するようにする。伝送帯域が多数のサブチャンネルに分割される多重キャリアシステムでは、所定の「注水」エネルギー及び所望の誤り (エラー) 率が与えられた場合に、サポートすることが可能なだけの数のビットを各サブキャリアに入れることによって、スループットを最大にすることができる。

多重キャリア信号のキャリア間にビットを割り当てるための他の技法が知られている。Hughes-Hartogs による米国特許第 4,731,816 号には、ビットローディング方式が開示されている。この方式は、最大レートが得られるまで、各サブキャリアに 1 ビットずつ加える。追加ビットをサポートするために最小の追加パワーを必要とするサブキャリアが最初に選択される。

Chow 他による米国特許第 5,479,477 号には、スループットを最大にするか、または、特定の目標データレート (データ速度) に対するマージンを最大にすることが可能なビットローディング方式が開示されている。Hughes-Hartogs によるものとは異なり、Chow 他によるものは、ビットアロケーションテーブルを一度に 1 キャリア (一度に 1 ビットではなくて) 決定する。Chow 他によれば、全てのキャリアは、測定された信号対ノイズ比に従って降順で記録される。選択される最初のサブチャンネルは、最も多くのビットを伝送することができるサブチャンネルである。データレートを最大にするために、Chow 他による方式を使用することにより、Hughes-Hartogs のアルゴリズムによって得られるのと同様のビットアロケーションテーブルを得ることができる。

受信機が受信データを正しく解釈するためには、送信機と受信機が同じビットアロケーションテーブルを使用しなければならない。ビットローディングアルゴリズムが通信の初期化段階中に実行されると、その結果生じたビットアロケーションテーブルが送信機と受信機間を伝送されて、送信機と受信機の両方が、同じビットアロケーションテーブルを使用することを確実にする。しかし、通信チャンネルの信号対ノイズ比特性が通信中に変化した場合は、ビットアロケーションテーブルを更新／変更して、伝送系をチャンネル特性により適切に整合させることが必要となろう。一方、ビットアロケーションテーブルが変化した場合は、新しいテーブルの使用を送信機と受信機の両方について同期化させる必要がある。送信機と受信機が任意の時間に異なるビットアロケーションテーブルを使用すると、通信リンクには、ビットアロケーションテーブルが一致しないサブチャンネルにおいて重大なエラーが発生することになる。

さらに、新たなビットアロケーションテーブルを決定するためには時間がかかる場合があり、特に、ビットローディングアルゴリズムが、Hughes-Hartogsによって開示された、ビットアロケーションテーブルを一度に1ビット構成するような計算量の多いものである場合にはそうである。ビットアロケーションテーブルを、送信機と受信機間の通信中に何度も計算することになる場合は、ビットアロケーションテーブルを再計算するために（データを計算するためではなく）比較的長い時間を費やすことは望ましくないことである。

1つの解決策は、初期化の後にビットアロケーションテーブルを単に変更しないことである。しかし、これは、通信チャンネルの信号対ノイズ比がデータ送信中に変化する場合には受け入れることができないことがある。従って、ビットアロケーションテーブルを比較的高速に決定し、送信機と受信機による新しいテーブルの使用を同期化できることが望ましい。

発明の要約

本発明によれば、1組のビットアロケーションテーブルが、送信機と受信機の両方で保持される。これらのテーブルは、データフレームから分離した制御フレームにおいて、受信機に送信された既知のデータについて実行される信号

対ノイズ比の測定を使用して、必要に応じて更新される。送信機は、2つのテーブルのうちのどれを次の通信のために使用すべきかについて受信機に知らせる。このことは、データ通信中のある時点で、送信機から受信機にフラグを送信することによって行うことが好ましい。こうすることによって、受信機は、以後、通信に使用するビットアロケーションテーブルを切り換えて、それを送信機の対応するテーブルと同期化させる。

本発明の好適な実施態様では、継続時間が 245.5 マイクロ秒の 69「フレーム」のそれぞれが 16.94 ミリ秒の「スーパーフレーム」を形成するために使用される（しかし、本発明はこれに限定されない）。各スーパーフレームの最初のフレームは、送信機から受信機に標準の（既知の）データセットを送信するために使用される制御フレームからなり、残りのフレームがデータを含んでいる。受信機は、各チャンネルについてこのフレーム内の受信データの信号対ノイズ比を測定し、これを、次のデータ伝送のためのチャンネルビット割り当てを計算するために使用する。実際には、全てのスーパーフレーム毎に信号対ノイズ比を計算する必要はないことがわかっている（計算することはもちろん可能であるが）。それどころか、ほとんどのデータ伝送について、数フレームにわたるチャンネルの信号対ノイズ比を測定し、それらを平均し、その結果値に基づいてビットアロケーションテーブルを更新し、こうして決定されたビットアロケーションテーブルを数百あるいは数千の以降のフレームについて使用することで十分なことがわかった。

ビットアロケーションテーブルの更新は、各チャンネルにおいて測定された信号対ノイズ比 (SNR) を、1 群の信号対ノイズ比 (constellation signal to noise ratio、以下、群信号対ノイズ比と記載) $SNR[c_j]$ と比較することによって実行される。 $SNR[c_j]$ は、試行ノイズマージン M により、 $SNRa[c_j] = SNR[c_j] + M$ に拡張される。群信号対ノイズ比 $SNR[c_j]$ は、特定の信号対ノイズ比 SNR_j を有するチャンネル j 上を送信することができるビット数 c_j （「群サイズ」）を規定する。ここで、 c_j は、例えば、1 から 15 まで変化することができる。マージン M の値は、拡張された群信号対ノイズ比 $SNRa[c_j]$ に従ってチャンネル上を伝送することができるデータ量（すなわちビット数）と、送信されるこ

特許請求の範囲の全文を記載した書面

1. マルチキャリア変調システムにおける送信機であって、

受信機との現在の通信中に用いられるサブチャネルに対する第一のビット配置を特定する第一ビット配置テーブル、および

サブチャネルに対するビット配置であり、前記第一ビット配置テーブルと異なるビット配列を特定する第二ビット配置テーブルを備え、

前記送信機は、前記受信機との次の通信に用いるため前記第二ビット配置テーブルを記憶すること、

を特徴とするもの。

2. マルチキャリア変調システムにおける受信機であって、

通信経路を介した送信機との現在の通信中に用いられるサブチャネルに対する第一のビット配置を特定する第一ビット配置テーブル、および

サブチャネルに対するビット配置であり、前記第一ビット配置テーブルと異なるビット配列を特定する第二ビット配置テーブルを備え、

前記受信機は、前記送信機との次の通信に用いるため前記第二ビット配置テーブルを記憶すること、

を特徴とするもの。

3. マルチキャリア送信システムであって、

複数のサブチャネルを有する通信経路を介し、互いに通信を行う複数の通信ユニットであり、各通信ユニットは、前記通信経路を介した相互の通信ユニットとの現在の通信中に用いられる、前記サブチャネルに対する第一のビット配置を特定する、第一ビット配置テーブルを記録するもの、および

前記通信ユニット間での次の通信に用いるため、前記各通信ユニットにより記憶され、前記第一ビット配置テーブルと異なるビット配列を特定する、第二ビット配置テーブル、を備えること、

を特徴とするもの。